

Scoliose de l'adulte: prise en charge chirurgicale

Drs GUILLAUME RACLOZ^{a,b}, DENNIS DOMINGUEZ^a, ANTONIO FAUNDEZ^a et ROMAIN DAYER^a

Rev Med Suisse 2018; 14: 340-5

La scoliose de l'adulte est une pathologie fréquente qui peut être très handicapante. La prise en charge chirurgicale, après échec des traitements conservateurs, nécessite une évaluation objective de l'impact fonctionnel de la scoliose pour le patient et une analyse systématique des investigations radiologiques (radiographie de colonne totale, clichés dynamiques et IRM). Les techniques chirurgicales (double abord, chirurgie mini-invasive, ostéotomies, longs montages) doivent être adaptées à chaque patient. Les buts principaux de la chirurgie sont de traiter les symptômes, corriger la déformation dans les plans coronal et sagittal, et obtenir une fusion solide. Malgré les complications potentielles, le traitement chirurgical de la scoliose permet d'offrir aux patients une meilleure qualité de vie.

Adult scoliosis: surgical management

Adult scoliosis is a common condition. Symptoms could be very debilitating. Surgical management requires a clear assessment of the functional impact of scoliosis, the failure of conservative treatments and precise analysis of radiological investigations (full spine views, dynamic X-rays and MRI). Surgical techniques (anterior and posterior approaches, minimal invasive techniques, osteotomies, all spine instrumentation) must be tailored to each patient. The main goals of surgery are treatment of symptoms, correction of deformity in coronal and sagittal plane and achievement of a solid fusion. Despite a high rate of complications, surgical treatment of adult scoliosis is associated with a better quality of life for patients.

INTRODUCTION

Selon des données récentes, la prévalence de la scoliose de l'adulte dans une population saine de plus de 60 ans s'élève à 68% en considérant un angle de Cobb supérieur à 10°. L'angle de Cobb moyen mesuré lors de cette étude est de 17°. Bien que les thérapies physiques n'aient pas encore prouvé leur efficacité dans le traitement de la scoliose idiopathique de l'adolescent,² le traitement par corset correcteur a, quant à lui, fait ses preuves dans la prise en charge de cette pathologie chez les patients en croissance avec des courbes comprises entre 20 et 40°. Le corset chez l'adulte a une indication relative et ponctuelle lors d'instabilité documentée chez les patients trop fragiles pour la chirurgie. Lors d'échec du traitement conservateur, la prise en charge devient chirurgicale impliquant la correction de la déformation dans sa tridimensionnalité.⁴ Outre l'importance de la correction dans le plan coronal (face), la correction de l'alignement

dans le plan sagittal (profil) est primordiale. En se basant sur deux cas à la présentation clinique similaire mais à la prise en charge chirurgicale différente, cet article présente différents traitements chirurgicaux de la scoliose de l'adulte.

GÉNÉRALITÉS SUR LA SCOLIOSE DE L'ADULTE

Un patient adulte présentant une scoliose peut développer les symptômes handicapants suivants: lombalgies, radiculopathies, claudication neurogène et déficits neurologiques. L'indication chirurgicale est principalement dépendante de l'importance de ces symptômes et de l'échec des traitements conservateurs au-delà de six mois. L'imagerie va poser le diagnostic et permettre d'aiguiller la stratégie chirurgicale. Au contraire de la scoliose idiopathique de l'adolescent, un angle de Cobb supérieur à 45° n'est pas une indication de traitement chirurgical en soi chez l'adulte avec une scoliose de novo, mais présage un risque d'aggravation de la déformation et d'intensification des symptômes.

Nous différencions habituellement deux principaux types de scoliose de l'adulte. Celles dites «résiduelles» qui correspondent à une scoliose idiopathique de l'adolescent non traitée ou non diagnostiquée et qui décompensent symptomatiquement à l'âge adulte. Les autres sont celles dites «de novo» englobant les pathologies dégénératives déformantes (spondylarthrose, discarthrose), les agressions iatrogéniques antérieures (laminectomies pluri-étagées), les traumatismes et les causes paralytiques (poliomyélite). Dans cette seconde catégorie, il n'y a pas de scoliose idiopathique de l'adolescent sous-jacente. Les spécificités de ces deux types de scoliose de l'adulte sont précisées dans le **tableau 1**.

	Comparaison des principales caractéristiques des scolioses «résiduelles» et «de novo» de l'adulte	
	Scoliose résiduelle	Scoliose de novo
Présentation de la scoliose	Similaire aux scolioses idiopathiques	Atypique
Localisation la plus fréquente de la déformation principale	Thoracique	Lombaire
Type de courbure	Déformation «généralisée» comprenant beaucoup de vertèbres	Déformation localisée incluant peu de vertèbres
Amplitude des courbures	Grande	Faible
Flexibilité des courbures	Souples – rigides	Rigides
Spécificité anatomique	Asymétrie pédiculaire	Spondylarthrose

^a Service de chirurgie orthopédique et de traumatologie de l'appareil moteur, HUG, 1211 Genève 14, ^b Service d'orthopédie et de traumatologie, Pourtales HNE, 2000 Neuchâtel
 guillaume.racloz@h-ne.ch | dennis.dominguez@hcuge.ch
 antonio.faundez@hcuge.ch | romain.dayer@hcuge.ch

L'origine de la scoliose et sa présentation radioclinique vont influencer sur la stratégie chirurgicale adoptée et sur la technique de correction à appliquer.

BILAN RADIOLOGIQUE PRÉOPÉRATOIRE À LA CHIRURGIE

L'un des éléments clés du diagnostic de la scoliose est une imagerie biplanaire à faible irradiation⁵ qui va donner l'information sur le type de scoliose, son amplitude de courbure et l'alignement sagittal du patient. Cette technologie permet de capturer, au même instant chez un patient debout, la totalité de la colonne vertébrale en trois dimensions (figures 1,2,4-6). Cette imagerie donne l'information essentielle sur la statique en position debout. L'IRM, quant à elle, va apporter des informations complémentaires notamment au sujet d'éventuelles compressions des éléments neurologiques. Le bilan radiologique se conclut avec des radiographies dynamiques standards en flexion-extension et en inclinaison latérale gauche et droite. Elles évaluent la réductibilité de la déformation rachidienne. L'ensemble de ces examens radiologiques permet au chirurgien de planifier la chirurgie adaptée à chaque patient (tableau 2).

FIG 1 Scoliose de l'adulte de la patiente N° 1

Angle de Cobb lombaire de 44°. La translation latérale (coronale) droite est de 9,2 cm. On note un déséquilibre sagittal antérieur majeur avec une ligne verticale (fil à plomb) depuis le centre de C7 à 8,9 cm qui passe en avant des têtes fémorales.

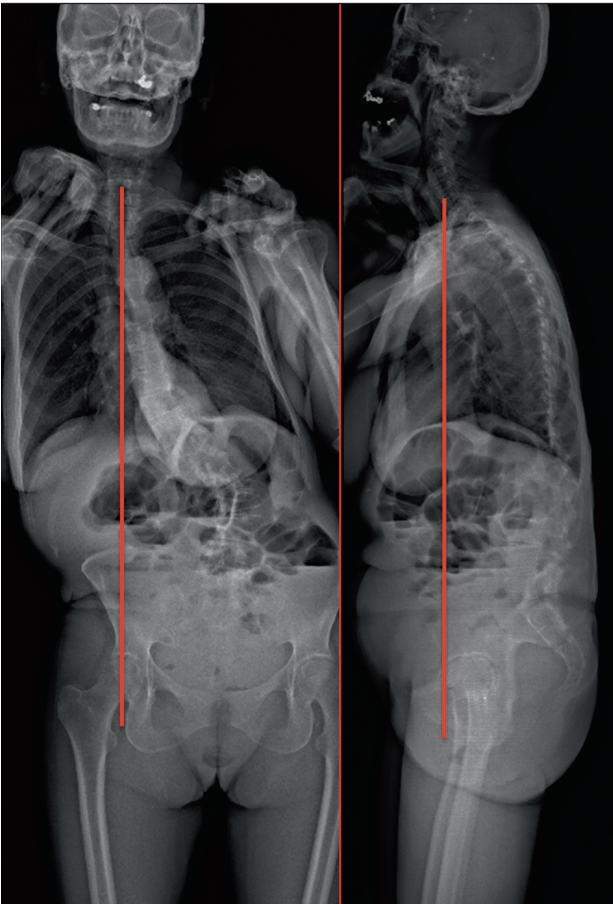


FIG 2 Correction chirurgicale chez la patiente N° 1

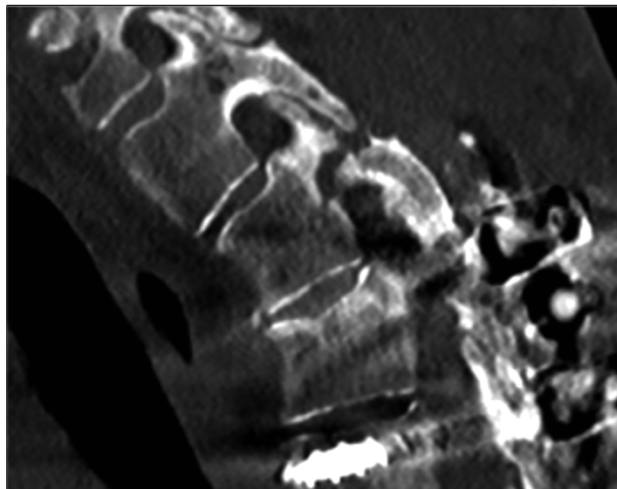
La chirurgie réalisée est une spondylodèse longue de T4 au bassin avec une ostéotomie de soustraction pédiculaire (figure 8) asymétrique de L4.



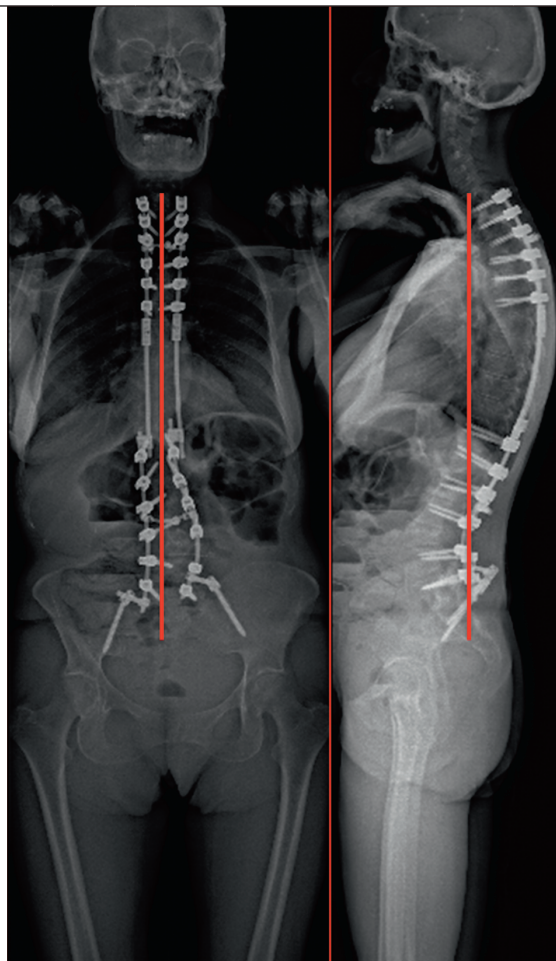
TABLEAU 2		Examens radiologiques requis pour une chirurgie de la scoliose de l'adulte	
	Description	Position du patient	Implications dans la prise en charge chirurgicale
Radiographie biplanaire (EOS par exemple)	Radiographie à faible dose ionisante (face et profil) de toute la colonne vertébrale	Patient debout le plus confortable possible avec les mains sur les clavicules, les genoux et les hanches en extension	Evaluation de la statique et des paramètres spinopelvien sagittaux et de l'amplitude des courbures coronales
Radiographies standards dynamiques	Radiographies standards avec une position imposée: flexion, neutre et extension ou en inclinaison gauche et droite (rayonnements ionisants)	Patient incliné de manière extrême à la fois dans le plan antéropostérieur et dans le plan gauche-droite	Mise en évidence de la rigidité de la colonne vertébrale et de l'état compensatoire ou non d'une courbure de la scoliose
IRM	Imagerie par résonance magnétique très précise dans l'analyse des tissus mous	Patient couché sur le dos	Mise en évidence des compressions neurologiques (intracanaux et foraminaux), de la dégénérescence discale et des phénomènes inflammatoires vertébraux

FIG 3 Contrôle à six semaines de la patiente N° 1

Fracture symptomatique de la vertèbre proximale (T3) créant une cyphose jonctionnelle proximale.

**FIG 4** Contrôle à six mois après reprise chirurgicale (patiente N° 1)

Après extension de l'instrumentation en T1, le contrôle radiologique à 6 mois montre un équilibre global (sagittal et coronal) corrigé: la ligne verticale (fil à plomb) depuis le centre du corps de C7 tombe sur le plateau de S1 dans le plan sagittal (profil) et la ligne verticale (fil à plomb) depuis le centre de C7 tombe au centre du sacrum dans le plan coronal (face).



Cas clinique N° 1

Patiente de 58 ans connue pour un méningiome cérébral qui présente une scoliose de l'adulte douloureuse avec un déséquilibre sagittal majeur selon l'appréciation de Roussouly⁶ (figures 1-4). Suite à la chirurgie de spondylodèse de T1 au bassin instrumentée par voie postérieure incluant une ostéotomie de soustraction pédiculaire asymétrique en L4, l'équilibre global (sagittal et coronal) a été corrigé.

Cas clinique N° 2

Patiente parkinsonnienne de 71 ans sans antécédents chirurgicaux qui présente une claudication neurogène invalidante à 100 mètres dans le cadre d'une scoliose de l'adulte (figures 5 et 6). Suite à la chirurgie de type spondylodèse instrumentée par voie postérieure de T3 au bassin, sans ostéotomie de soustraction pédiculaire associée, l'équilibre global (sagittal et coronal) a également été corrigé.

FIG 5 Scoliose de l'adulte chez la patiente N° 2

Angle de Cobb lombaire de 47° entraînant une translation coronale droite de 12 cm. Dans le plan sagittal, elle présente un déséquilibre antérieur majeur avec une ligne verticale (fil à plomb) depuis C7 qui passe à 11 cm en avant des têtes fémorales.

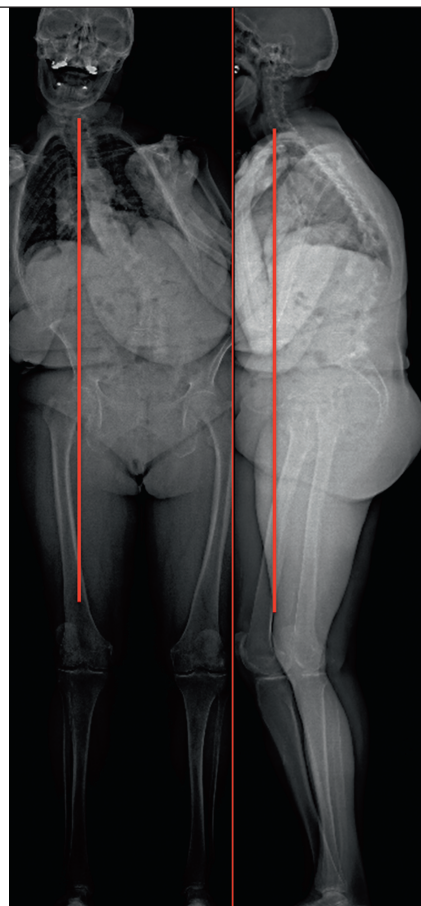
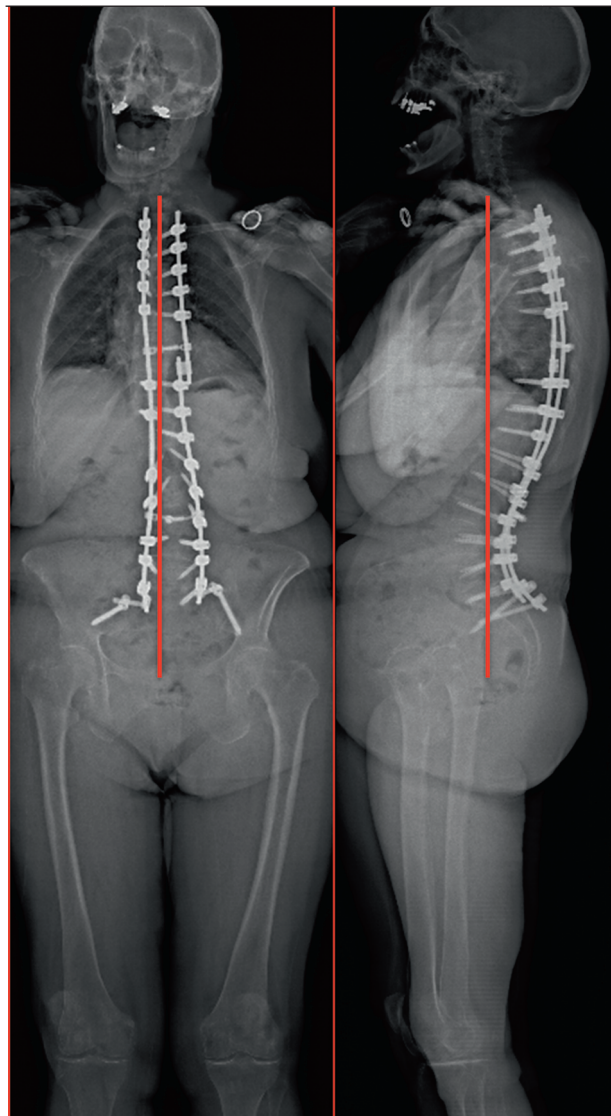


FIG 6 Contrôle à trois mois (patiente N° 2)

La chirurgie effectuée est une spondylodèse longue de T3 au bassin avec des ostéotomies de Ponte (figure 7) dans la courbure thoraco-lombaire. L'équilibre global (sagittal et coronal) à 3 mois est corrigé (idem cas N° 1).



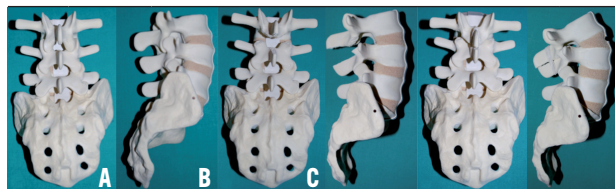
Les deux patientes présentent une évolution fonctionnelle favorable avec une diminution des douleurs, une augmentation du périmètre de marche et une amélioration du score d'incapacité fonctionnel ODI (Oswestry Disability Index).

DESCRIPTION DES DIFFÉRENTES TECHNIQUES CHIRURGICALES ACTUELLES

Le but de la prise en charge de la scoliose de l'adulte est de traiter les symptômes, de corriger la déformation tridimensionnelle, d'obtenir une fusion solide et durable, et de décompresser les éléments neurologiques. Il est important de souligner que la correction de la déformation doit permettre de réaligner la colonne vertébrale dans le plan coronal et de retrouver un équilibre dans le plan sagittal (cyphose thoracique, lordose lombaire, et équilibre spinopelvien). Contrairement aux idées reçues, pour atteindre les meilleurs résultats

FIG 7 Description de l'ostéotomie de Ponte (ou Smith-Petersen) (réalisée en L3-L4)

A. Vue postérieure et de profil d'une colonne vertébrale lombaire saine de L3 au sacrum; B. Ostéotomie de Ponte au niveau L3-L4: ablation bilatérale des facettes inférieures de L3 et supérieures de L4 avec section partielle en miroir des épéneuses de L3 et de L4. C. Fermeture de l'ostéotomie en postérieur sur un disque mobile L3-L4 permettant une correction lordosante de 10°. Cette ostéotomie donne une certaine souplesse au segment permettant, le cas échéant, de corriger aussi des déformations coronales.



cliniques et fonctionnels, la correction obtenue dans le plan sagittal de la déformation de la scoliose (rééquilibrer la balance sagittale) est le facteur le plus décisif par rapport à la correction coronale réalisée.^{7,8}

Dans la plupart des centres, la prise en charge de la scoliose de l'adulte se fait par un abord postérieur dit classique permettant la mise en place d'implants rachidiens (vis pédiculaires, crochets sous-lamaires ou transversaires et tiges). La fusion instrumentée a historiquement prouvé son bénéfice dans la chirurgie de la scoliose, en termes de puissance de correction et de taux de fusion.

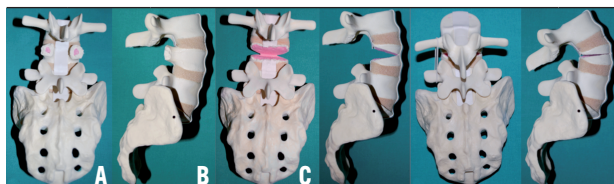
Si le chirurgien respecte les principes biomécaniques rachidiens, la forme qu'il va donner aux tiges va réaligner la colonne vertébrale dans le plan coronal et redonner les courbures thoraciques et lombaires dans le plan sagittal. Si le rachis est particulièrement souple, comme chez les adolescents, l'instrumentation, associée à la dissection chirurgicale et aux facetectomies, va permettre de corriger la déformation. Chez les patients plus âgés, la déformation se présente habituellement avec une part de rigidité liée à la spondylarthrose. Dans ce cas, des ostéotomies additionnelles doivent être réalisées afin de mieux corriger la déformation rachidienne. Plusieurs types d'ostéotomies ont été décrits en fonction de l'importance de la correction planifiée et de la rigidité de la colonne vertébrale.

Les ostéotomies de Ponte (ou Smith-Petersen) consistent en une section des éléments osseux postérieurs (facettes et épéneuses) d'un segment rachidien (figures 7A-C). Elle permettent une correction de 10° dans le plan sagittal⁹ pour autant que le disque intervertébral soit mobile.

Si la déformation vertébrale est importante et rigide (spondylarthrite ankylosante ou rachis dégénératif avancé), le recours à une ostéotomie de soustraction pédiculaire est recommandé. Cette ostéotomie consiste en une résection de la totalité des éléments postérieurs de la vertèbre associée à une résection en coin lordosant dans le corps vertébral et emportant les pédicules (figures 8A-C). Cette procédure peut permettre une correction sagittale jusqu'à 34,1°.¹⁰ Dans les cas de cyphoscoliose de la personne âgée (cas clinique N°1), cette ostéotomie peut procurer une correction aussi bien sagittale que coronale si elle est réalisée de manière asymétrique.¹¹

FIG 8	Description de l'ostéotomie de soustraction pédiculaire «PSO» (réalisée en L4)
--------------	---------------------------------------------------------------------------------------

A. Ablation des éléments postérieurs de L4 incluant le processus épineux, les processus transverses, les facettes supérieures et inférieures et la lame. (une ostéotomie de Smith-Petersen a été réalisée au préalable en L3-L4). B. Ablation des deux pédicules de L4 avec réalisation d'un coin lordosant dans le corps de la vertèbre. (Ce coin peut aussi être asymétrique dans le plan coronal permettant de corriger une angulation droite ou gauche de type scoliosique). C. Fermeture de l'ostéotomie dans le plan de profil permettant de donner une correction lordosante d'environ 30° dans le corps de la vertèbre.



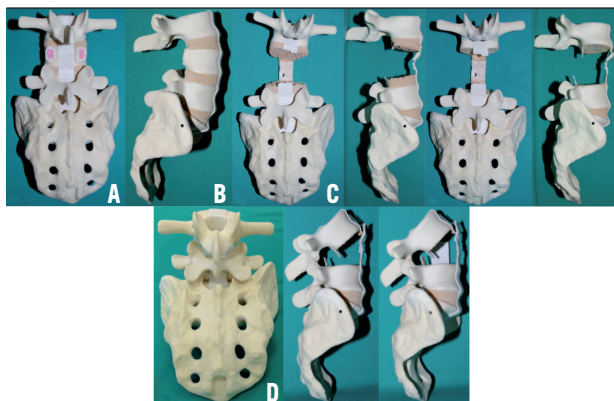
Dans les cas extrêmes où une correction sagittale souhaitée pour une colonne rigide est évaluée à plus de 45 degrés, une vertèbrectomie doit être envisagée.¹² Elle consiste en l'ablation de toute la vertèbre (figures 9A-D) et procure une correction tridimensionnelle majeure. La tendance actuelle est de réaliser cette résection vertébrale par voie postérieure uniquement.

Afin de maintenir la correction obtenue avec ces ostéotomies, une instrumentation postérieure avec greffe doit être associée. Outre la correction de la déformation, une fusion osseuse doit être acquise pour un résultat clinique durable. La rigidité de la tige (actuellement les alliages en chrome-cobalt sont favorisés) associée à une greffe osseuse (auto et allogreffe) va aider ce processus. Afin d'augmenter les chances de spondylodèse, des ostéo-inducteurs peuvent être administrés localement.

L'utilisation de techniques mini-invasives couplant deux chirurgies (un premier temps antérieur suivi d'un deuxième

FIG 9	Description de la vertèbrectomie réalisée en L4
--------------	--------------------------------------------------------

A. Ablation de tous les éléments postérieurs de la vertèbre comme lors de la PSO, y compris les pédicules. B. Ablation de tout le corps de la vertèbre en question. Cette procédure peut se faire soit par l'abord postérieur ou par un second abord chirurgical antérieur (dans l'abdomen ou dans le thorax en fonction du niveau). C. Résection des disques intervertébraux L3-L4 et L4-L5 afin de favoriser la fusion antérieure définitive. Cette procédure peut aussi se faire avant l'ablation du corps vertébral (figure 9B). D. Fermeture de la colonne sur elle-même pouvant aussi permettre de corriger une déformation dans l'axe coronal. Grâce à cette technique, on peut créer une angulation lordosante de plus de 45°. On positionne une cage ou un greffon osseux intersomatique pour maintenir la stabilité antérieure simulée sur l'image de droite. PSO: ostéotomie de soustraction pédiculaire.



temps postérieur percutané) a vu le jour dans la chirurgie de la scoliosie adulte. Actuellement, cette approche permet une diminution des pertes sanguines et de la durée hospitalière. La chirurgie classique donne une meilleure correction de la déformation dans les deux plans avec une diminution plus importante de la douleur sur l'échelle VAS.¹³ Le recours à des interventions par voie antérieure pour corriger la scoliosie de l'adulte est en vogue et semble prometteur. Même si la mise en place d'implants intersomatiques procure un bénéfice sur le taux de fusion, l'instrumentation postérieure associée doit faire partie du plan chirurgical dans le traitement de la scoliosie de l'adulte afin d'obtenir le meilleur résultat radioclinique possible.

COMPLICATIONS ET RÉSULTATS DE LA CHIRURGIE DE LA SCOLIOSE DE L'ADULTE

Environ 1 patient sur 10 est victime d'une complication.¹⁴ Selon la base de données morbidité et mortalité de la SRS (Scoliosis Research Society), la fréquence globale des complications périopératoires de la chirurgie de la scoliosie de l'adulte est de 13,4%¹⁴ (tableau 3). Ce chiffre peut s'élever à long terme jusqu'à 68% pour la chirurgie de la scoliosie dégénérative.¹⁵

Les pertes sanguines peuvent être massives (jusqu'à 1500 ml) pour les ostéotomies de soustraction pédiculaire et les vertèbrectomies. Pour les complications à moyen terme, les risques de cyphose jonctionnelle proximale (cas clinique N°1) et de pseudarthrose (non-fusion de la spondylodèse) ne sont pas négligeables et sont respectivement de 22,3%¹⁶ et 10,5%.¹⁷ Les reprises chirurgicales lors d'ostéotomie de soustraction pédiculaire sont d'environ 25%.¹⁸ Toutes causes confondues, le taux de réopérations de la scoliosie de l'adulte dans les six ans peut s'élever jusqu'à 44%.¹⁹ Les facteurs de risque identifiés augmentant le taux de complications sont la durée opératoire, un score ASA (American Society of Anesthesiology) supérieur à 2, un diabète insulinorequérant et un traitement stéroïdien chronique.²⁰ L'obésité, le tabac, l'intensité de la douleur et la dépression sont, quant à eux, des facteurs de mauvais pronostic.²¹

TABLEAU 3	Fréquence des complications périopératoires de la chirurgie de la scoliosie de l'adulte
------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------

Selon la base de données morbidité et mortalité de la SRS (Scoliosis Research Society) (2011).

Types de complication	Fréquence (en%)
Brèche durale	2,9
Infection profonde du site chirurgical	1,5
Infection superficielle du site chirurgical	0,9
Complications liées aux implants	1,6
Déficit neurologique aigu	1
Déficit neurologique retardé	0,5
Hématome épidural	0,2
Hématome du site chirurgical	0,4
Embolie pulmonaire	0,2
Thrombose veineuse profonde	0,2
Décès	0,3
Total de toutes les complications périopératoires	13,4

Le taux de complications ne diffère pas entre chirurgies classique et mini-invasive,²² ni entre scolioses «de novo» ou «résiduelle».¹⁴ Malgré ces complications, la chirurgie de la scoliose de l'adulte donne de bons résultats radiologiques (correction de l'alignement frontal et restauration de l'équilibre sagittal) et cliniques avec une diminution des douleurs et une amélioration des scores fonctionnels (Oswestry disability Index et Short Form-36).²³

CONCLUSION

Lorsqu'on propose une chirurgie de correction de la scoliose à l'âge adulte, il est indispensable de disposer d'une évaluation claire de la pathologie, de son évolution clinique et de sa présentation radiologique. Bien qu'efficace sur la qualité de vie des patients, la chirurgie peut induire des complications qui peuvent être majorées par les comorbidités du patient. Elles doivent être exposées au patient et à son entourage avant de fixer une date opératoire. Au vu de la complexité de cette chirurgie, il est recommandé qu'elle soit réalisée par une équipe chirurgicale et anesthésique entraînée, afin de limiter le taux de complications.

Conflits d'intérêts: Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêts en relation avec cet article.

IMPLICATIONS PRATIQUES

- L'échec de la prise en charge conservatrice de la scoliose de l'adulte impliquant la médication, la physiothérapie (sous toutes ses formes) et les infiltrations ne doit être prononcé qu'après une période de traitement d'au moins six mois
- Les points clés dans la planification d'une chirurgie de la scoliose sont l'évaluation fonctionnelle et clinique du patient, l'analyse de la balance sagittale et de la rigidité de la scoliose
- La technique chirurgicale employée pour le traitement de la scoliose doit corriger la déformation dans les plans coronal et sagittal afin de redonner un équilibre rachidien tridimensionnel aux patients
- Le suivi radioclinique d'une chirurgie de la scoliose doit s'effectuer sur deux ans minimum afin de dépister les complications tardives biomécaniques comme la pseudarthrose et la cyphose jonctionnelle proximale

1 Schwab F, Dubey A, Gamez L, et al. Adult scoliosis: Prevalence, SF-36, and nutritional parameters in an elderly volunteer population. *Spine* 2005;30:1082-5.

2 Marti CL, Glassman SD, Knott PT, Carreon LY, Hresko MT. Scoliosis Research Society members attitudes towards physical therapy and physiotherapeutic scoliosis specific exercises for adolescent idiopathic scoliosis. *Scoliosis* 2015;10:16.

3 Weinstein SL, Dolan LA, Wright JG, Dobbs MB. Effects of bracing in adolescents with idiopathic scoliosis. *N Engl J Med* 2013;369:1512-21.

4 Koller H, Pfanz C, Meier O, et al. Factors influencing radiographic and clinical outcomes in adult scoliosis surgery: A study of 448 European patients. *Eur Spine J* 2016;25:532-48.

5 * Roussouly P, Pinheiro-Franco JL. Sagittal parameters of the spine: Biomechanical approach. *Eur Spine J* 2011;20:578-85.

6 Deschênes S, Charron G, Beaudoin G, et al. Diagnostic imaging of spinal deformities: Reducing patients radiation dose with a new slot-scanning X-ray imager. *Spine* 2010;35:989-94.

7 Hsieh MK, Chen LH, Niu CC, et al. Combined anterior lumbar interbody

fusion and instrumented posterolateral fusion for degenerative lumbar scoliosis: Indication and surgical outcomes. *BMC Surg* 2015;15:26.

8 ** Glassman SD, Berven S, Bridwell K, Horton W, Dimar JR. Correlation of radiographic parameters and clinical symptoms in adult scoliosis. *Spine* 2005;30:682-8.

9 Pérez-Gruoso FS, Cecchinato R, Berjano P. Ponte osteotomies in thoracic deformities. *Eur Spine J* 2015;24(Suppl. 1):S38-41.

10 * Bridwell KH, Lewis SJ, Lenke LG, Baldus C, Blanke K. Pedicle subtraction osteotomy for the treatment of fixed sagittal imbalance. *J Bone Joint Surg Am* 2003;85-A:454-63.

11 Yu L, Xu RM, Ma WH, et al. Asymmetrical osteotomy for elderly degenerative lumbar kyphoscoliosis. *Zhongguo Gu Shang China J Orthop Traumatol* 2014;27:367-70.

12 Lenke LG, Sides BA, Koester LA, Hensley M, Blanke KM. Vertebral column resection for the treatment of severe spinal deformity. *Clin Orthop* 2010;468:687-99.

13 Uddin OM, Haque R, Sugrue PA, et al. Cost minimization in treatment of adult degenerative scoliosis. *J Neurosurg Spine* 2015;23:798-806.

14 * Sansur CA, Smith JS, Coe JD, et al. Scoliosis research society morbidity and mortality of adult scoliosis surgery. *Spine* 2011;36:E593-7.

15 Cho KJ, Suk SI, Park SR, et al. Complications in posterior fusion and instrumentation for degenerative lumbar scoliosis. *Spine* 2007;32:2232-7.

16 Yagi M, King AB, Boachie-Adjei O. Incidence, risk factors, and natural course of proximal junctional kyphosis: Surgical outcomes review of adult idiopathic scoliosis. Minimum 5 years of follow-up. *Spine* 2012;37:1479-89.

17 Dickson DD, Lenke LG, Bridwell KH, Koester LA. Risk factors for and assessment of symptomatic pseudarthrosis after lumbar pedicle subtraction osteotomy in adult spinal deformity. *Spine* 2014;39:1190-5.

18 Barrey C, Perrin G, Michel F, Vital JM, Obeid I. Pedicle subtraction osteotomy in the lumbar spine: Indications, technical aspects, results and complications. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 2014;24(Suppl. 1):S21-30.

19 ** Charosky S, Guigui P, Blamoutier A, Roussouly P, Chopin D, Study Group on Scoliosis. Complications and risk factors of primary adult scoliosis surgery: A

multicenter study of 306 patients. *Spine* 2012;37:693-700.

20 Tang H, Zhu J, Ji F, et al. Risk factors for postoperative complication after spinal fusion and instrumentation in degenerative lumbar scoliosis patients. *J Orthop Surg* 2014;9:15.

21 Smith JS, Shaffrey CI, Glassman SD, et al. Clinical and radiographic parameters that distinguish between the best and worst outcomes of scoliosis surgery for adults. *Eur Spine J* 2013;22:402-10.

22 Dangelmajer S, Zadnik PL, Rodriguez ST, Gokaslan ZL, Sciubba DM. Minimally invasive spine surgery for adult degenerative lumbar scoliosis. *Neurosurg Focus* 2014;36:E7.

23 Tempel ZJ, Gandhoke GS, Bonfield CM, Okonko DO, Kanter AS. Radiographic and clinical outcomes following combined lateral lumbar interbody fusion and posterior segmental stabilization in patients with adult degenerative scoliosis. *Neurosurg Focus* 2014;36:E11.

* à lire

** à lire absolument